

DOPORUČENÉ POSTUPY PRO VYUŽÍVÁNÍ
TĚŽEBNÍCH ZBYTKŮ, PŘÍPRAVU PŮDY A OBNOVU
BOROVÝCH POROSTŮ V PODMÍNKÁCH KYSELÝCH
A CHUDÝCH STANOVIŠŤ NIŽŠÍCH POLOH

LESNICKÝ PRŮVODCE



doc. Ing. JIŘÍ REMEŠ, Ph.D.
Ing. LUKÁŠ BÍLEK, Ph.D.
Ing. IVA ULBRICOVÁ, Ph.D.
prof. Dr. Ing. LUBOŠ BORŮVKA

Certifikované
METODIKY
PRO PRAKTIKU

17/2016

**Doporučené postupy pro využívání
těžebních zbytků, přípravu půdy a obnovu
borových porostů v podmínkách kyselých
a chudých stanovišť nižších poloh**

Certifikovaná metodika

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka

Lesnický průvodce 17/2016

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-130-7

ISSN 0862-7657

RECOMMENDED PRACTICE FOR THE UTILIZATION OF LOGGING RESIDUES, SOIL PREPARATION AND REGENERATION OF SCOTS PINE STANDS IN THE CONDITIONS OF ACIDIC AND POOR SITES IN LOWER ALTITUDES

Abstract

The proposed methodology presents alternative ways of utilization of logging residues with regard to nutrient balance and sustainability of forest production. Proposed approaches are based on research activities conducted at acidic sites of natural pine forests. The growth of pine plants was assessed on the research areas where four treatments such as burning of logging residues on the site, removal of logging residues and its energetic use, bunching of logging residues into heaps, and chipping of wood residues on the site were applied. Further, a large-scale ploughing of soil was performed to prepare site for planting in all treatments. Compensation fertilization was applied on selected plots. Pine plants showed the best growth in treatment where logging residues were chipped and distributed across the whole area. Fertilizing by wood ash showed positive effect on diameter and height increments of pine seedlings mainly on very poor sites. Harvested wood biomass ($d < 7$ cm) on poor and acidic sites in mature pine stands (age 100–170 years) ranged from 14% to 28% of dried total above-stump biomass, thus from 20 t to 45 t of dry matter of wood residues were potentially available per 1 ha of forest stand, while the main explanatory variables are site quality and age of forest stand. In younger stands from 20 to 25 years the share of wood biomass ($d < 7$ cm) is distinctly higher (from 34% to 37%), which corresponds to 4–5 t of dry matter per 1 ha but with higher concentration of biogenic elements. This is why repeated use of logging residues on these sites in thinning age should be rejected. Use of logging residues after final harvest is acceptable in management unit 23, on poor natural pine sites (management unit 13) compensation fertilization for example with wood ash is necessary.

Key words: logging residues, Scots pine, soil preparation, soil chemistry, sustainability of forest production, fertilization

Oponenti: Ing. Petr Navrátil, CSc., ÚHÚL, pobočka Jablonec

Ing. Dušan Kacálek, Ph.D., VÚLHM, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Adresa autorů:

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka

Česká zemědělská univerzita v Praze

Kamýcká 129

165 00 Praha 6 - Suchbátka

e-mail: remes@fld.czu.cz

Obsah:

1	ÚVOD	7
2	CÍL METODIKY	8
3	METODIKA	6
	3.1 Vymezení zájmových lokalit	9
	3.2 Využívání těžebních zbytků s ohledem na kvalitu stanoviště	9
	3.3 Postupy přípravy půdy a obnovy lesních porostů	13
	3.4 Omezení a limity metodických postupů.....	15
4	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ.....	17
5	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	17
6	EKONOMICKÉ ASPEKTY.....	18
7	DEDIKACE	18
8	LITERATURA.....	19
	8.1 Seznam použité literatury	19
	8.2 Seznam publikací, které předcházely metodice.....	22
	SUMMARY	23
	OBRAZOVÁ PŘÍLOHA	25

1 ÚVOD

Využívání těžebních zbytků v lesích se v současné době dostává do popředí zájmu vlastníků lesů, těžebních společností i energetických firem. Hlavní motivací je totiž jejich energetické využití, což je mimo jiné i důsledek mezinárodních závazků České republiky, vyplývajících ze směrnice 2009/28/ES, která určuje pro ČR závazný cíl dosáhnout podílu obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě energie ve výši 13 % v roce 2020. Biomasa, a tím i těžební zbytky, přitom tvoří značný podíl z obnovitelných zdrojů, které se u nás pro výrobu energie (tepla i elektřiny) využívají. Dalším faktorem, který tento zájem vyvolává, je potenciální ekonomický profit pro vlastníky lesů z té části lesní produkce, ze které byl ještě do nedávné minulosti finanční zisk nemožný (REMEŠ et al. 2015). Na druhé straně existují obavy, aby tímto způsobem nedocházelo v důsledku systematického odnímání důležitých živin k postupnému ochuzování lesních půd (HELMISAARI et al. 2011; TAMMINEN et al. 2012). Je totiž známo, že koncentrace důležitých živin (N, P, K) jsou nejnižší ve dřevě kmenů (které se také těžbou z porostů odstraňuje) a vyšší jsou ve dřevě větví, v kůře, v kořenech a v asimilačních orgánech (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009), tedy vesměs v těžebních zbytcích, jež se klasickým lesnickým a dřevařským způsobem nevyužívají. K tomu je třeba ještě připočítat nepříznivý stav lesních půd v České republice, projevující se zejména jejich acidifikací (HRUŠKA, CIENCIALA 2001; MATERNA 2002; REMEŠ, PODRÁZSKÝ 2006), a s tím související problémy s výživou lesních dřevin (MATERNA 2002; ŠRÁMEK et al. 2009). Z těchto důvodů se ukazuje riziko možného vyčerpání zásoby kationtů v lesních půdách v případě odnímání celé nadzemní biomasy stromů jako reálné, s možným negativním vlivem na rozvoj i funkci mykorhizy (KREUTZER 1979; SMITH et al. 1986; BUBLINEC, ILAVSKÝ 1990; CORBEELS et al. 2005; MAHMOOD et al. 2003; HOPE 2007). Trvale udržitelné hospodaření v lesích je přitom možné pouze za předpokladu, že jsou dlouhodobě vyrovnané vstupy a výstupy látek (živin) z (do) ekosystému (půdy). Dynamika růstu nové generace lesa na plochách po provedené přípravě půdy, zahrnující i odstranění těžebních zbytků, míra ovlivnění jejich prosperity provedenými zásahy s možnými dopady na trvalost a vyrovnanost lesní produkce jsou tedy zásadní otázky spojené s problematikou komplexního využívání nadzemní biomasy. HYVÖNEN et al. (2000) považuje komplexní zpracování biomasy dřevin za negativní způsob hnojení, protože přináší ztrátu živin. Celá řada autorů proto doporučuje, aby v případě nutnosti využívat biomasu stromů kompletně bylo zároveň prováděno doplňování zásoby živin aplikací melioračních materiálů, přičemž může úprava chemismu půdy navíc přispět i ke zlepšení zdravotního stavu a vitality lesních porostů (KATZENSTEINER et al. 1995; JANDL et al. 2001; PODRÁZSKÝ et al. 2005; VACEK et al. 2009). Z pohledu energetického využití vlastních těžebních zbytků se pak často jako optimální do-

poručuje zpětně využívat produktů jejich spalování, tedy dřevěného popela, jako hnojiva. Této problematice je v poslední době ve světě věnována značná pozornost, především pak ve Skandinávských zemích (např. MANDRE et al. 2004; SAARSALMI et al. 2006 a další). Aktuálnost výše zmíněné problematiky a nedostatek vědecky podložených informací z našich podmínek byla i hlavním impulsem k formulování zásad trvale udržitelného využívání těžebních zbytků a obnovy lesních porostů na potenciálně nejohroženějších stanovištích hospodářských lesů, která jsou zároveň charakteristická uplatňováním holosečné obnovy porostů, a tedy mají i velký potenciál pro mechanizované využívání těžebních zbytků.

2 CÍL METODIKY

Cílem metodiky je formulovat vhodné postupy pro využívání těžebních zbytků na stanovištích s přirozeným zastoupením borovice lesní včetně následné přípravy půdy s důrazem na vytvoření optimálních stanovištních podmínek pro zajištění následného porostu. Doporučené postupy jsou platné zejména pro nižší polohy kyselé ekologické řady (HS 23) a přirozená borová stanoviště (HS 13).

3 METODIKA

3.1 Vymezení zájmových lokalit

Využívání těžebních zbytků se v současné době doporučuje převážně v podmínkách hospodářství živných stanovišť nižších až vyšších poloh (CHS 25, 45, 55) v 1.–6. lesním vegetačním stupni (LVS), částečně podmíněně v podmínkách hospodářství kyselých stanovišť nižších až vyšších poloh v 1.–6. lesním vegetačním stupni LVS (CHS 23, 43, 53) a hospodářství lužních stanovišť (CHS 19) (BUREŠ et al. 2009). Při zohlednění možných postupů obnovy lesa je největší koncentrace produkované dřevní hmoty dosažena při uplatnění holosečné obnovy lesa, a tedy i objem těžebních zbytků je v tomto případě největší. Navíc společně s lepší dostupností pro mechanizaci tak vznikají při uplatnění tohoto hospodářského způsobu nejpříhodnější podmínky pro energetické využívání těžebních zbytků.

Tato metodika je založena na experimentálních šetřeních v typických oblastech borového hospodářství, kde je jednak přirozeně větší zastoupení chudých, a tedy k degradaci stanoviště v důsledku využívání těžebních zbytků náchylných stanovišť, a zároveň se jedná o oblasti s velkým podílem holosečného hospodaření. Šetření probíhala v rámci řešení projektu NAZV, který byl zaměřený na optimalizaci využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce na modelovém území Městských lesů (ML) Doksy, s. r. o. Správce tohoto majetku řešení projektu inicioval s cílem zjistit objektivní možnosti a rizika využívání těžebních zbytků na tomto území.

3.2 Využívání těžebních zbytků s ohledem na kvalitu stanoviště

Těžební zbytky, tedy dendromasa zbývající v porostech po těžbě a druhotání dříví a nedosahující dimenze hroubí, je v současné době vnímána jako cenná surovina s využitím pro energetické účely. Avšak vedle průmyslového způsobu využívání těžebních zbytků spočívá význam slabší dendromasy v uchování a postupném navrácení živin do lesní půdy. Z tohoto širšího pohledu připadají v úvahu následující scénáře nakládání s těžebními zbytky:

- Pálení těžebních zbytků na pracovní ploše.

- Koncentrace (mechanická či manuální) klestu do valů či hromad.
- Mechanizované rozštěpkování (rozdrcení) těžebních zbytků a jejich ponechání na obnovované ploše.
- Vlastní bioenergetické využití, a tedy odvoz těžebních zbytků z vytěžené plochy (s variantami bez náhrady a s využitím kompenzačního hnojení).

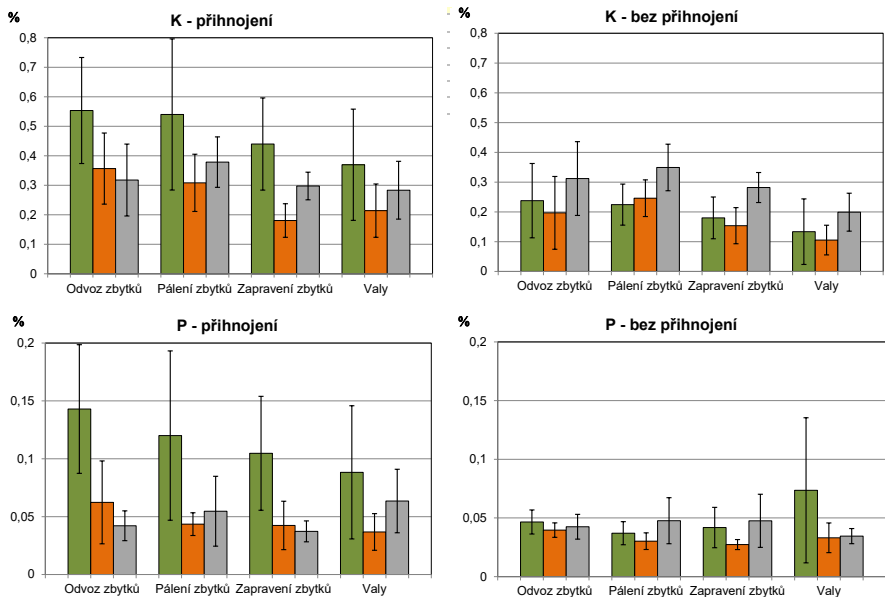
Provedeným výzkumem na modelovém území ML Doksy, s. r. o. (na základě detailních analýz 18 vzorníků) bylo zjištěno, že podíl nehroubí se v borových porostech mýtního věku (věk od 100 do 170 let) na chudých a kyselých stanovištích pohybuje v rozmezí od 14% do 28% hmotnosti sušiny. To odpovídá cca 20 až 45 tunám sušiny na jeden hektar, přičemž hlavními faktory jsou věk porostu a kvalita stanoviště. V probírkových porostech nižšího věku (20–25 let) je podíl sušiny nehroubí výrazně vyšší (v rozmezí 34–37 %), což odpovídá cca 4–5 t sušiny na hektar. Tyto výsledky jsou porovnatelné s údaji, jež ve své práci uvádějí EGNELL a VALINGER (2003), kteří zjistili podíl těžebních zbytků na úrovni 21 %, což znamenalo 42 tun biomasy z jednoho hektaru lesa. Studie BUREŠE et al. (2009) uvádí podíl obvykle využívané dřevní hmoty v rozmezí 60% až 77% a podíl těžebních zbytků z nadzemní části biomasy v rozmezí 12–18%. Kvantifikací nadzemní biomasy borovice lesní v různých oblastech České republiky se zabýval i CIENCIALA et al. (2006), kteří zjistili, že průměrný podíl kmene na celkové nadzemní biomase dosahuje 89%, přičemž podíl kmene na celkové biomase stoupá s věkem porostu (stromu), takže ve věku 25 let dosahuje pouze 57%. Bioenergetické využití těžebních zbytků borovice tedy přibližně odpovídá jedné čtvrtině celkové biomasy lesního porostu. Tento relativně malý podíl však představuje mnohem vyšší podíl v nadzemní biomase poutaných živin, především fosforu (56–58 %), draslíku (38–45 %) a dusíku (54–56 %). Uvedené hodnoty dokládají, že je podstatná část živin koncentrována právě ve hmotě nehroubí, které je při konvenční těžbě ponecháváno v lesním ekosystému pro postupné zetlení. Nicméně je nutné podotknout, že se tyto hodnoty vztahují k porostům mýtního věku, přičemž v porostech mladších jsou koncentrace živin zpravidla vyšší (AUGUSTO et al. 2000), což bylo potvrzeno i na modelovém území Městských lesů Doksy. V mladších porostech tedy dochází ke kumulaci negativních faktorů (větší podíl biomasy v nehroubí, vyšších koncentrací zde poutaných biogenních prvků, intenzivní růst stromů, a tedy i vysoký příjem živin), což může mít negativní dopad na obsah živin v půdě a následně i na růst dřevin. Například již po prvních prořezávkách při využití těžby stromovou metodou byl v boreálních podmínkách potvrzen dočasný negativní efekt na růst hlavního porostu borovice (EGNELL, ULVCRONA 2015). V případě opakovaných výchovných zásahů stromovou metodou navíc v kombinaci s kompletním energetickým využitím nehroubí při mýtní těžbě pak lze očekávat zejména na chudých stanovištích výraznější a trva-

lejší růstové deprese hlavního, případně následného prostu (STERBA 1988; EGNELL 2011). Tedy vzhledem k tomu, že v případě mladších porostů tvoří objem nehroubí ještě větší podíl z celkové nadzemní biomasy a obsahuje i větší koncentraci živin, je **zejména na chudých stanovištích v HS 13 nutné odmítnout dlouhodobé (opakované) komplexní využívání nadzemní biomasy dřevin během výchovných zásahů**. To by spolu s využitím nehroubí při mýtní těžbě velmi pravděpodobně významně negativně ovlivnilo stanoviště i růst následných porostů.

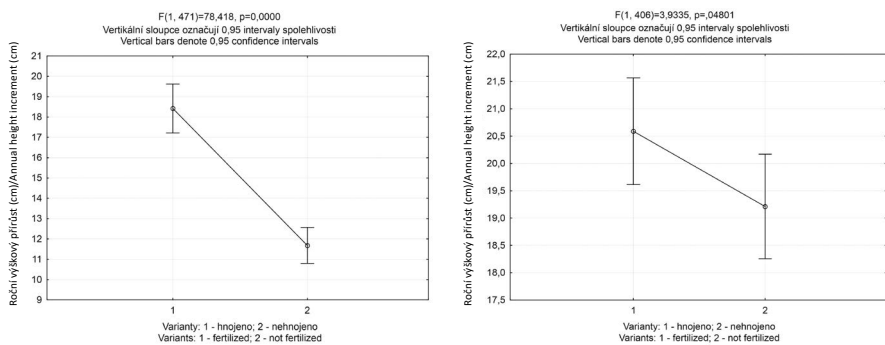
Jednorázové odnětí živin poutaných v biomase nehroubí za periodu 100 až 140 let (při mýtní těžbě) však nemusí nutně představovat zásadní ochuzení lesního stanoviště především na o něco příznivějším stanovišti HS 23, kde se jedná o jednorázovou ztrátu (1 x za obmýtí) cca 70–100 kg Ca, 50–80 kg K, 10–20 kg Mg, 15–20 kg P, 120–200 kg N z jednoho hektaru plochy v závislosti na množství biomasy.

Na velmi chudých stanovištích HS 13 by komplexní využívání nadzemní biomasy (tedy včetně hmoty nehroubí) způsobilo výraznější ochuzení stanoviště, byť by se v absolutním vyjádření jednalo o menší ztrátu živin (60–80 kg Ca, 40–50 kg K, 8–15 kg Mg, 10–15 kg P, cca 100 kg N). Problémem je však poměrně extrémní stav půd. Na modelovém území Městských lesů Doksy byl zjištěn odlišný charakter půd v mýtních porostech na chudých stanovištích přirozených borů v porovnání s příznivějším kyselým stanovištěm, kde byl patrný ve všech půdních sondách humusový organominerální horizont Ah, který na HS 13 chyběl. Zásadní role v udržení stability a jisté produktivity přitom připadá holorganickým vrstvám, které představují hlavní růstový prostor pro kořenové systémy lesních dřevin a hlavní, téměř výhradní zdroj živin. Půdní reakce je velmi silně kyselá, nasycenost sorpčního komplexu půd a obsah živin s výjimkou dusíku dosahují ve většině případů velmi nízkých hodnot. **Odstraňování celé nadzemní biomasy (včetně nehroubí) se bez dodatečné kompenzace jeví na těchto přirozeně velmi chudých stanovištích z dlouhodobého hlediska jako značně rizikové**. Experimentálně provedené kompenzační hnojení dřevěným popelem, který je produktem spalování dendromasy, však přineslo pozitivní výsledky, a to jak s ohledem na obsah živin v půdě (obr. 1), tak i s ohledem na růst dřevin (obr. 2). **Proto, pokud se vlastník přes výše uvedená rizika rozhodne (z ekonomických důvodů) hmotu nehroubí využívat i na těchto stanovištích, pak lze jednoznačně doporučit ztrátu živin kompenzovat hnojením**.

Vysoké koncentrace biogenních prvků jsou především v kůře (Ca, Mg) a v asimilačním aparátu (K, P, N, S), což odpovídá i publikovaným údajům jiných autorů (MATERNA 1963; LYR et al. 1974). Právě z tohoto důvodu by se měla **vytěžená biomasa ponechat určitou dobu na pracovní ploše, aby došlo k opadu asimilačních orgánů (zejména na HS 13)**. Štěpka z biomasy s menším podílem listoví a jehličí je rovněž kvalitnější a zpravidla produkuje menší množství popela.



Obr. 1: Obsahy draslíku a fosforu ve vzorcích svrchní vrstvy půdy v jednotlivých variantách zpracování těžebních zbytků odděleně pro varianty s přihnojením a bez přihnojení (průměrné hodnoty ± směrodatná odchylka). Zeleně – vzorky z blízkosti stromků, oranžově – vzorky mezi stromky, šedě – vzorky z valů mezi řadami vysázených stromků.

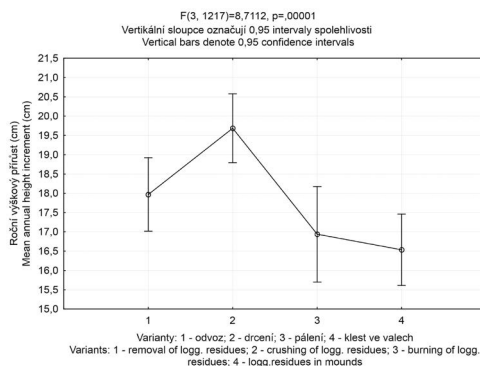


Obr. 2: Vliv hnojení dřevěným popelem na výškový růst borovice lesní na přirozených borových stanovištích (HS 13 – vlevo) a na kyselých stanovištích (HS 23 – pravě).

3.3 Postupy přípravy půdy a obnovy lesních porostů

Základní scénáře nakládání s těžebními zbytky jsou uvedeny v předchozí kapitole. Následně u všech **variant lze doporučit celoplošnou přípravu půdy naoráním pluhem do hloubky brázd přibližně 30 cm** v souladu s obvyklým postupem při obnově borových porostů na těchto chudých stanovištích (na tomto majetku však existují i pozitivní příklady zdařilé přirozené obnovy borovice vzniklé bez celoplošné přípravy půdy). Naoráním je obnažena minerální půda cca na 1/3 plochy, odkud je organický materiál (včetně rozdrčených těžebních zbytků u příslušné varianty) transportován a zaklopen do tělesa brázd. Z provedených opatření mají **nejpříznivější růst sazenice na plochách, kde byly těžební zbytky před celoplošným naoráním rozdrčeny a rozptýleny po ploše**. Naopak varianty s odvozem či spálením klestu jsou z pohledu růstu borovice zatím méně příznivé (obr. 3). Je však třeba mít na paměti, že vliv zpracování těžebních zbytků by se měl na růst následného porostu projevit výrazněji až v dalších letech, když se z nich začnou ve větší míře uvolňovat živiny.

Positivně se však na růstu borovice projevuje cílené přihnojení dřevěným popelem, přičemž největší efekt se dostavuje na chudých stanovištích (HS 13, SLT 0M a 0K, obr. 2). Doporučené množství popela stanovené na základě zkušeností ze zahraničí a vlastních ověřovacích experimentů se pohybuje ve výši 1 t.ha⁻¹, což odpovídá dávce přibližně **1000 g/sazenici**. Tuto dávku lze kalkulovat jako ekvivalentní množství fosforu 3,5 g k sazenici, odpovídající 4–5 tabletám hnojiva Silva-



Obr. 3: Roční výškový přírůstek borových sazenic podle variant přípravy půdy.

mix*. Následnými analýzami bylo zjištěno, že přihnojení vedlo ke zvýšení obsahu většiny prvků s výjimkou Si a Mo. Žádná z variant přitom nevykázala obsahy rizikových prvků, které by se daly označit jako nebezpečné. **Hodnoty obsahů potenciálně rizikových prvků na pokusných plochách nejsou vyšší než ve srovnávacích profilech neporušené lesní půdy, což znamená, že žádný ze způsobů zpracování těžebních zbytků ani přihnojení popelem nevedly k patrnému znečištění půdy.**

Naopak odvoz i shrnutí těžebních zbytků ze zalesňované plochy snižují ve svrchní vrstvě substrátu na těchto přirozeně velmi chudých stanovištích obsah humusu (uhlíku) a do určité míry také obsah přístupných živin (zejména vápníku a draslíku) a dusíku. Ukazuje se totiž, že s mechanizovaným plošným odstraněním těžebních zbytků dojde často i ke shrnutí části vrstvy nadložního humusu, což zapříčiní ztráty organické hmoty, a tím i uhlíku. Čím je stanoviště přirozeně chudší, resp. čím větší podíl živin je koncentrován v těžebních zbytcích, tím více se může tato ztráta projevit (HELMISAARI et al. 2011). Celkově však v krátkodobém horizontu panují relativně malé rozdíly v koncentraci přístupných živin jako vlastní důsledek variant využívání těžebních zbytků. Obdobné zkušenosti jsou i ze skandinávské oblasti, kde četní autoři konstatují, že ponechání těžebních zbytků bezprostředně obsahy přístupných živin v půdě nezvyší (HYVÖNEN et al. 2002; TAMMINEN et al. 2012). K uvolnění živin poutaných v biomase těžebních zbytků je třeba poměrně dlouhá doba (10–30 let), relativně nejkratší doba je pochopitelně nutná k uvolnění živin z asimilačního aparátu a malých větví, mnohem delší doba je zapotřebí u tlustších větví a vrcholů stromů. Vedle navrácení živin do půdního prostředí se ponechaná dendromasa může podílet i na zlepšení vláhových poměrů a za určitých okolností a při dostatečném množství může působit i proti škodám zvěří na následném porostu.

Na druhou stranu je samotná mechanická příprava půdy opatřením, které se dlouhodobě s úspěchem používá pro zvýšení úspěšnosti přirozené obnovy borovice (HILLE, OUDEN 2004; ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA et al. 2013). Pozitivní efekt tohoto opatření spočívá především v omezení konkurence přizemní vegetace o světlo, vodu a živiny. To je zásadní pro klíčení borovice a vývoj semenáčků a mladých rostlin, které se lépe ujímají a prosperují při narušení povrchových vrstev organických horizontů a obnažení minerálního profilu promícháním nebo převrstvením svrchních půdních horizontů (MIRSCHERL et al. 2011; TARVAJAINEN et al. 2011). Přípravou půdy se také zintenzivní dekompozice opadu, což postupně vede k uvolňování zde poutaných živin. **V případě blízkosti vhodného zdroje semene (blízkost porostní stěny dospělého porostu, dostatečný počet kvalitních výstavků) se přirozená obnova borovice na chudých stanovištích zpravidla dostavuje v dostatečném počtu a umělá obnova této dřeviny není nutná.** Nebývá však pravidlem, že je tomu tak bezprostředně po realizované mýtní těžbě. Z náletových dřevin může mít vy-

znamnější konkurenční vliv bříza s velice rychlým iniciálním výškovým růstem. Nároky borovice a břízy jsou sice rozdílné a typická borová stanoviště jsou obvykle pro břízu příliš chudá, nicméně za určitých podmínek se tyto dřeviny ekologicky překrývají. **V mnohých případech může ovšem bříza plnit roli dřeviny přípravné či výplňové tam, kde se obnova cílových dřevin nedostavuje v dostatečném počtu.** V těchto případech se však mnohdy limitujícím faktorem stává vliv zvěře, což bylo potvrzeno i na modelovém území, kde se nálet břízy a dalších přípravných dřevin objevoval ve větší míře pouze v oplocenkách. Při srovnání jednotlivých variant využití těžebních zbytků není prokázána statisticky signifikantní závislost mezi provedeným opatřením a četností či pokryvností břízy, nicméně oheň ve volné přírodě obvykle stimuluje právě obnovu borovice, a to zejména první 4 roky po požáru (MOILANEN et al. 2002; HILLE, DEN OUDEN 2004; MAROZAS et al. 2007). Důvodem je kromě snížení konkurence přizemní vegetace i pozitivní vliv hnojení popelem (HUOTARI et al. 2008), které může zvýšit klíčení a přežívání (přibližně 5krát) i u obnovy břízy (*Betula pubescens*) a dalších pionýrských druhů např. rodu *Salix*. Z dalších cílových dřevin se v HS 23 zpravidla dobře osvědčuje dub zimní, který je ovšem nutné ve většině případů důsledně chránit proti okusu zvěří.

3.4 Omezení a limity metodických postupů

Dotační politika státu a právní normy

Využívání těžebních zbytků jako zdroje energie je podmíněno řadou národních a evropských právních norem a závazků, obchodem s emisemi a dalšími opatřeními na poli ochrany přírody. Hlavní motivací pro využívání hmoty nehroubí je její energetické využití, což je mimo jiné i důsledek mezinárodních závazků České republiky, vyplývajících ze směrnice 2009/28/ES, která určuje pro ČR závazný cíl dosáhnout podílu obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě energie ve výši 13 % v roce 2020. Biomasa, a tím i těžební zbytky, přitom tvoří značný podíl z obnovitelných zdrojů, které se u nás pro výrobu energie (tepla i elektřiny) využívají. Bez státní podpory by však tato aktivita nebyla pro vlastníky lesů ani energetické společnosti rentabilní.

Technologická dostupnost

Podíl využitelných těžebních zbytků pro bioenergetické účely je silně závislý na stanovišti, kde těžba probíhá, druhu dřeviny, resp. smíšení porostu, dostupností pro

techniku a únosností půdy a přítomností překážek zejména v podobě podrostu. Další důležitá opatření jsou sklonitost terénu (max. do 40 %) a vyklizovací vzdálenosti. Technologická dostupnost a především vhodně zvolená technologie je zásadní pro hospodárné energetické využívání lesní biomasy. V mnoha případech se naopak využívání lesní biomasy stává ekonomicky neefektivním a těžební zbytky by v tomto případě měly být zásadně ponechány k zetlení na pracovní ploše. Na modelovém území Městských lesů Doksy je však technologická dostupnost většiny lokalit vesměs velmi dobrá, kromě podmáčených stanovišť a prudkých svahů roklí.

Stanovištní podmínky

Navržené metodické postupy jsou primárně určeny pro borové porosty rostoucí na chudých a kyselých stanovištích HS 13 a 23. Výzkum probíhal na modelovém území Městských lesů Doksy, kde byly založeny potřebné experimenty pro posouzení dopadu variantních způsobů využití těžebních zbytků na stav půd a růst dřevin. Jejich výsledky se staly základem této metodiky, která je přenositelná i do dalších oblastí, kde se nacházejí výše uvedená stanoviště.

4 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Novost metodiky spočívá v komplexnosti opatření, které vlastníkům a správcům lesů poskytuje ucelený návod od využití těžebních zbytků, přes mechanickou přípravu půdy a případné kompenzační hnojení až po samotnou obnovu lesa včetně nutných ochranných opatření. Takový komplexní metodický postup nebyl dosud pro borové porosty na kyselých a chudých stanovištích nižších poloh vytvořen. Pro jeho formulaci byly využity nejnovější vědecké poznatky, které byly získány v průběhu řešení projektu NAZV QJ1220099.

5 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena pro praktické využití vlastníky a správci lesů, lesními hospodáři, subjekty provádějícími lesnické činnosti, státní správou lesů, orgány státní správy ochrany přírody a akademickými pracovníky. Metodiku lze uplatnit při plánování a realizaci pěstebních opatření v nižších polohách na chudších stanovištích s převahou borového hospodářství.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Metodický postup je navržen tak, aby vlastníkům a správcům lesů poskytl návod, jak optimálně a diferencovaně nakládat s těžebními zbytky na vymezených územích. Důraz je přitom kladen na zajištění trvalosti produkčních a stanovištně-ekologických podmínek společně s dosažením maximálních ekonomických přínosů. Předpokládané ekonomické přínosy této metodiky lze spatřovat ve využití disponibilní hmoty těžebních zbytků, aniž by přitom došlo k poklesu produktivity borových stanovišť. Využíváním těžebních zbytků může majiteli vzniknout jednorázový zisk (na úrovni cca 60 Kč.m⁻³), pokud by však komplexní zpracování nadzemní biomasy dřevin mělo přinést snížení produkce dřeva, bude ztráta ekonomicky významnější. Například pokles běžného přírůstu o 1 m³.ha⁻¹ znamená ekonomickou ztrátu ca 1000-1500 Kč ročně. Tuto ztrátu lze eliminovat mimo jiné i aplikací kompenzačního hnojiva, např. dřevěného popelu, jak doporučuje tato metodika. Vhodně zvolený způsob obnovy může také výrazně snížit náklady na zajištění nového porostu. Na druhou stranu je třeba uvést, že z pěstebního pohledu optimální varianta (drcení klestu a jeho rozptýl po ploše) je ekonomicky poměrně nákladná (stojí ca 35 tis. Kč.ha⁻¹), což vynikne zejména v porovnání s variantami prodeje klestu pro bioenergetické účely.

7 DEDIKACE

Metodika byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QJ1220099 „Optimalizace využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce“.

8 LITERATURA

8.1 Seznam použité literatury

- ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA M., DROZDOWSKI S., BRZEZIECKI B., RUTKOWSKA P., JABŁOŃSKA B. 2013. Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland. *Dendrobiology*, 71: 73–81.
- AUGUSTO L., RANGER J., PONETTE Q., RAPP M. 2000. Relationship between forest tree species stand production and stand nutrient amount. *Annals of Forest Science*, 57: 313–324.
- BUBLINEC E., ILAVSKÝ J. 1990. Harvesting of aboveground biomass of trees and its effect on site conditions in forests. *Lesnictví*, 36: 887–894.
- BUREŠ M., DOLEŽAL R., HÁNA J., KADEŘÁBEK V., MACKŮ J., NIKL M., PAVLOŇOVÁ G., ZEMAN M. 2009. Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost. Brno, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 50 s.
- CIENCIALA E., ČERNÝ M., TATARINOV F., APLTAUER J., EXNEROVÁ Z. 2006. Biomass functions applicable to Scots pine. *Trees*, 20: 483–495.
- CORBEELS M., MCMURTRIE R.E., PEPPER D.A., MENDHAM D.S., GROVE T.S., O'CONNELL A.M. 2005. Long-term changes in productivity of eucalypt plantations under different harvest residue and nitrogen management practices: a modelling analysis. *Forest Ecology and Management*, 217: 1–18.
- EGNELL G. 2011. Is the productivity decline in Norway spruce following whole-tree harvesting in the final felling in boreal Sweden permanent or temporary? *Forest Ecology and Management*, 261: 148–153.
- EGNELL G., ULVCRONA K.A. 2015. Stand productivity following whole tree harvesting in early thinning of Scots pine stands in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 340: 40–45.
- EGNELL G., VALINGER E. 2003. Survival, growth, and growth allocation of planted Scots pine trees after different levels of biomass removal in clear-felling. *Forest Ecology and Management*, 177: 65–74.
- HELMISAARI H.S., HOLT HANSSSEN K., JACOBSON S., KUKKOLA M., LUIRO J., SAARSALMI A., TAMMINEN P., TVEITE B. 2011. Logging residue removal after

- thinning in Nordic boreal forests: long-term impact on tree growth. *Forest Ecology and Management*, 261: 1919–1927.
- HILLE M., DEN OUDEN J. 2004. Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research*, 123: 213–218.
- HOPE G.D. 2007. Changes in soil properties, tree growth, and nutrition over a period of 10 years after stump removal and scarification on moderately coarse soils in interior British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 242: 625–635.
- HRUŠKA J., CIENCIALA E. 2001. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor dnešního lesnictví. Praha, MŽP: 159 s.
- HUOTARI N., TILLMAN-SUTELA E., PASANEN J., KUBIN E. 2008. Ash-fertilization improves germination and early establishment of birch (*Betula pubescens* Ehrh.) seedlings on a cut-away peatland. *Forest Ecology and Management*, 255: 2870–2875.
- HYVÖNEN R., OLSSON B.A., LUNDKVIST H., STAAF H. 2000. Decomposition and nutrient release from *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. logging residues. *Forest Ecology and Management*, 126: 97–112.
- HYVÖNEN R., BERG M.P., ÅGREN G.I. 2002. Modelling carbon dynamics in coniferous forest soils in a temperature gradient. *Plant and Soil*, 242: 33–39.
- JANDL R., GLATZEL G., KATZENSTEINER K., ECKMÜLLNER O. 2001. Amelioration of magnesium deficiency in a Norway spruce stand (*Picea abies*) with calcined magnesite. *Water, Air & Soil Pollution*, 125: 1–17.
- KATZENSTEINER K., ECKMUELLNER O., JANDL R., GLATZEL G., STERBA H., WESSELY A., HÜTTL R. 1995. Revitalization experiments in magnesium deficient Norway spruce stands in Austria. *Plant and Soil*, 168–169: 489–500.
- KREUTZER K. 1979. Ökologische Fragen zur Vollbaumernte. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 98 (4): 298–308.
- LYR H., POSTER H., FIEDLER. J. 1974. Gehölzphysiologie. Moskva, Lesnaja Promyšlenost: 421 s.
- MAHMOOD S., FINLAY R. D., FRANSSON A. M., WALLANDER H. 2003. Effects of hardened wood ash on microbial activity, plant growth and nutrient uptake by ectomycorrhizal spruce seedlings. *FEMS Microbiology Ecology*, 43: 121–131.
- MANDRE M., KORSJUKOV R., OTS K. 2004. Effect of wood ash application on the biomass distribution and physiological state of Norway spruce seedlings on sandy soils. *Plant and Soil*, 265: 301–314.

- MAROZAS V., RACINSKA J., BARTKEVICE E. 2007. Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management*, 250: 47-55.
- MATERNA J. 1963. Výživa a hnojení lesních porostů. Praha, SZN: 227 s.
- MATERNA J. 2002. Souhrnné výsledky průzkumu stavu povrchových vrstev lesních půd v období 1993–1999. Brno, ÚKZÚZ: 98 s.
- MIRSCHER F., ZERBE S., JANSEN F. 2011. Driving factors for natural tree rejuvenation in anthropogenic pine (*Pinus sylvestris* L.) forests of NE Germany. *Forest Ecology and Management*, 261: 683–694.
- MOILANEN M., SILFVERBERG K., HOKKANEN T.J. 2002. Effects of wood ash on the growth, vegetation and substrate quality of a drained mire. *Forest Ecology and Management*, 171: 321–338.
- PODRÁZSKÝ V., VACEK S., REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I. 2005. Application of Mg-fertilizers to prevent and to decrease Norway spruce yellowing. *Journal of Forest Science*, 51 (Special issue): 43–48.
- REMEŠ J., BÍLEK L., FULÍN M. 2015. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60: 138–146.
- REMEŠ J., PODRÁZSKÝ V. 2006. Fertilization of spruce monocultures in the territory of Training Forest Enterprise in Kostelec nad Černými lesy. *Journal of Forest Science*, 52 (Special issue): 73–78.
- SAARSALMI A., KUKKOLA M., MOILANEN M., AROLA M. 2006. Long-term effects of ash and N fertilization on stand growth, tree nutrient status and soil chemistry in a Scots pine stand. *Forest Ecology and Management*, 235: 116–128.
- SMITH C.T., MCCORMACK M.L., HORNBECK J.W., MARTIN C.W. 1986. Nutrient and biomass removals from a red spruce-balsam fir whole tree harvest. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 381–388.
- ŠRÁMEK V., LOMSKÝ B., NOVOTNÝ R. 2009. Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54: 307–315.
- STERBA H. 1988. Increment losses by full-tree harvesting in Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management*, 24: 283–292.
- TAMMINEN P., SAARSALMI A., SMOLANDER A., KUKKOLA M., HELMISAARI H.S. 2012. Effects of logging residue harvest in thinnings on amounts of soil carbon

and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 263: 31–38.

TARVAINEN O., STRÖMMER R., MARKKOLA A. 2011. Urban forest regeneration: Responses of Scots pine seedlings to partial humus removal in midboreal N enriched forest soil. *Landscape and Urban Planning*, 102: 209–214.

VACEK S., HEJCMAN M., SEMELOVÁ V., REMEŠ J., PODRÁZSKÝ V. 2009. Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic. *European Journal of Forest Research*, 128: 367–375.

8.2 Seznam publikací, které předcházely metodice

REMEŠ J., BÍLEK L., FULÍN M. 2015. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (2): 138–146.

BÍLEK L., REMEŠ J., FULÍN M., CHALUPOVÁ T., PROCHÁZKA J. 2016. Množství a distribuce nadzemní biomasy borovice lesní v oblasti přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (2): 108–114.

REMEŠ J., BÍLEK L., JAHODA M. 2016. Vliv přípravy půdy a hnojení dřevěným popelem na růst sazenic borovice lesní. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (3): 197–202.

RECOMMENDED PRACTICE FOR THE UTILIZATION OF LOGGING RESIDUES, SOIL PREPARATION AND REGENERATION OF SCOTS PINE STANDS IN THE CONDITIONS OF ACIDIC AND POOR SITES IN LOWER ALTITUDES

Summary

Biomass of logging residues can be an important part of forest production and its use for energy purpose is likely to increase positive economic benefits for the forest owners in the future. Beside positive economic effects, complete removal of harvest residues can also lead to the loss of nutrients and changes in ectomycorrhizal community in forest soils (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009; MAHMOOD et al. 2003). Thus, nutrient depletion associated with wood biomass harvesting mainly on the poorest soils can lead to future losses of wood production and overall forest ecosystem impoverishment (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009; SAARSALMI et al. 2006). For responsible harvest residuals management, better knowledge of biomass and nutrients distribution in trees and forest stands and the impact of harvest residues utilization on the forest soil is needed. This is important particularly on the most susceptible sites with generally lower nutrient and/or water content, and thus higher risk of site degradation with following production losses.

Harvested wood biomass ($d < 7$ cm) on poor and acidic sites in mature pine stands (age 100–170 years) ranged from 14% to 28% of dried total above-stump biomass, thus from 20 t to 45 t of dry matter of wood residues were potentially available per 1 ha of forest stand, while the main explanatory variables are site quality and age of forest stand. In younger stands from 20 to 25 years the share of wood biomass ($d < 7$ cm) is distinctly higher (from 34% to 37%), which corresponds to 4–5 t of dry matter per 1 ha but with higher concentration of biogenic elements.

Four treatments of manipulation and utilization of logging residues are presented: (i) burning of logging residues on the site, (ii) removal of logging residues and its energetic use, (iii) bunching of logging residues into heaps, and (iv) chipping of wood residues on the site, with subsequent ploughing of soil and compensation fertilization with wood ash. The calculated dose of ash is $1.065 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, which is an equivalent of 3.71 g of phosphorous per plant (5 tablets of Silvamix® fertiliser). Pine plants show the best growth in plots where logging residues were chipped and distributed on the whole area. Fertilizing with wood ash is also shown as a positive

measure for diameter and height increment of plants in particular on very poor sites (forest types 0M and 0K). Complete use of wood residuals for energy purposes during final harvest on natural pine sites may be risky for the site fertility especially on the poorest sites (forest types 0M) mainly in combination with preceding whole-tree harvesting in young thinning stands. Thus, the latter should be prevented and after bioenergetic utilization of logging residues on poor sites compensation fertilization is recommended. Presented treatments of logging residues do not have clear and consistent influence on the numbers and biomass of pioneer tree species such as birch.

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA



Obr. 4: Experimentální plocha po celoplošné přípravě půdy a výsadbě borovice lesní a dubu zimního na stanovišti kyselé bukové doubravy (Městské lesy Doksy, s. r. o.).



Obr. 5: Přirozená obnova borovice lesní na stanovišti chudého boru po celoplošné přípravě půdy naoráním.



Obr. 6: Kombinovaná obnova borovice lesní na experimentální ploše (Městské lesy Doksy, s. r. o.).



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 17/2016